

Tentamen Inleiding Sterrenkunde

2 juli 2001, 9:00–12:00 uur

Vermeldt naam, adres, studierichting, jaar van eerste inschrijving en inschrijvingsnummer.

Gemiddeld heb je voor elke vraag een uur en dat moet ruim voldoende zijn. De eerste vraag is wat meer werk dan de andere en ik houd daar rekening mee in het cijfer. Desondanks is mijn advies om –als je in tijdnood komt– toch in ieder geval om 10:15 uur met vraag 2 en om 11:00 uur met vraag 3 te beginnen en dan aan het eind te zien of je nog tijd overhebt.

Voor vraag 3:

Gegevens: straal van de zon $R_{\odot} = 6.9 \times 10^5$ km, effectieve temperatuur van de zon 6000 K, de absolute bolometrische magnitude van de zon 4.7.

De aanpak is belangrijker dan het goede antwoord.

1. Beschrijf de **vorming, evolutie en eindstadia van sterren**. Zorg, dat in ieder geval achtereenvolgens de volgende begrippen ter sprake komen:

- Jeans massa
- Fragmentatie
- Bruine dwerg
- Spectraaltype en kleurindex
- Effectieve temperatuur
- Lichtkracht
- Hertzsprung-Russell diagram
- Hoofdreeks
- Waterstof-verbranding
- Afhankelijkheid van massa
- Levensduur
- Leeftijdsbepaling van een cluster via het H-R-diagram
- Rode reus
- Helium-verbranding
- Degeneratiedruk
- Witte dwerg
- Supernova
- Neutronenster
- Zwart gat

Z.O.Z.

2. Bespreek de volgende begrippen:

- Derde wet van Kepler
- Parallax
- Parsec
- Absolute magnitude
- Kleur-excess
- Differentiële rotatie
- Bolhopen
- Roodverschuiving
- Hubble classificatie
- Quasar

3. Baade-Wesselink Methode.

Een supernova explodeert in een extragalactisch stelsel. Uit spectra blijkt, dat gedurende de eerste 40 dagen de expansiesnelheid 2000 km s^{-1} is. Aan het eind van die periode meet men nauwkeurig de spectrale energie verdeling en vindt dan een effectieve temperatuur van 60,000 K en een schijnbare bolometrische magnitude van 14.7. Wat is de afstand van de supernova en het stelsel waartoe het behoort?

Tip: Denk aan het verband tussen lichtkracht, straal en effectieve temperatuur.

Tentamen Inleiding Sterrenkunde

2 juli 2001, 9:00–12:00 uur

Uitwerkingen van vraag 3.

De straal na 40 dagen is

$$R = 2000 \text{ km s}^{-1} \times 40 \times 24 \times 60 \times 60 = 6.9 \times 10^9 \text{ km.}$$

We gebruiken de formule, die de lichtkracht L beschrijft als functie van straal R en effectieve temperatuur T_{eff}

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4.$$

Voor elk object moet dus gelden $L \propto R^2 T_{\text{eff}}^4$ en dus geldt voor de zon $L_{\odot} \propto R_{\odot}^2 T_{\text{eff},\odot}^4$. Dan krijgen we in zons-eenheden:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R_{\odot}}{6.9 \times 10^5 \text{ km}} \right)^2 \left(\frac{T_{\text{eff},\odot}}{6000 \text{ K}} \right)^4.$$

Dus de lichtkracht van de supernova na 40 dagen is

$$L_{\text{SN}} = \left(\frac{6.9 \times 10^9}{6.9 \times 10^5} \right)^2 \left(\frac{60,000}{6000} \right)^4 = 1.0 \times 10^{12} L_{\odot}.$$

De absolute bolometrische magnitude is dan

$$M_{\text{bol}} = M_{\text{bol},\odot} - 2.5 \log \frac{L_{\text{SN}}}{L_{\odot}} = 4.7 - 2.5 \log(1.0 \times 10^{12}) = -25.3.$$

Als je je deze formule niet meer herinnert, had je dit kunnen reconstrueren als je bedenkt, dat 5 magnituden een factor 100 is (en dat had je horen te weten) en dat dus een factor 10^{12} overeenkomt met 30 magnituden. Dan is de absolute bolometrische magnitude van de supernova 30 magnituden helderder dan die van de zon.

De formule voor de afstand r is

$$m - M = -5 + 5 \log r.$$

Dus

$$14.7 - (-25.3) = 40.0 = -5 + 5 \log r,$$

$$\log r = \frac{40 + 5}{5} = 9,$$

$$r = 10^9 \text{ pc} = 10^3 \text{ Mpc.}$$

Mocht je ook deze formule niet geweten hebben, dan had je horen te weten, dat de absolute magnitude die is, die het object heeft op een afstand van 10 pc. Het verschil tussen schijnbare en absolute magnituden is 40, dus 8×5 magnituden, dus een factor $100^8 = 10^{16}$. Aangezien de helderheid afneemt met het kwadraat van de afstand, gaat het om een factor 10^8 verder dan 10 pc, dus 10^9 pc.